

JPEG 圧縮されたデモザイク画像の復元法の提案 Proposal of Restoration Method for Demosaicked and JPEG Compressed Images

小松 隆[†] 上田 康隆[†] 齊藤 隆弘[†]
Takashi Komatsu Yasutaka Ueda Takahiro Saito

1. はじめに

著者らは先に JPEG 圧縮画像の復元法を提案した [1]. この手法は原画像を JPEG 圧縮した際に生じる圧縮歪を抑圧するものであった. 最近のデジタルカメラでは多くの場合, カメラ内でデモザイク処理を行い, 得られた RGB 画像を JPEG 圧縮して記録している. 演算量・メモリ量などの制約によりデジタルカメラ内では最先端のデモザイク法は用いられていない. このような場合, モザイクされ JPEG 圧縮された画像は, JPEG 圧縮による歪に加えてデモザイク処理による劣化が加わったものとなっている. この JPEG 圧縮データに先の復元法を適用するとデモザイク劣化画像が復元対象となり良好な画像復元とはならない. そこで本稿では, JPEG 圧縮される対象がデモザイクされた画像であることを考慮して, デモザイクによる画像劣化と JPEG 圧縮による画像歪とを同時に復元する超解像復元法を提案する. アルゴリズムとシミュレーション結果を示し, 提案法の有効性を明らかにする.

2. デモザイクと JPEG 圧縮

ベイヤー方式の単板撮像方式の場合, 1 画素は RGB のいずれかの信号値しか観測できない. 観測されない他の 2 色は近傍の観測信号値に基づき補間される. この処理をデモザイクと呼ぶ. 多くのデモザイク法では観測されない色画素値のみを補間し, 観測色画素値が変更されることはない. 従って, デモザイク処理された補間画像からモザイク観測画像を抽出することができ, この画素値を用いて最新のデモザイク法が可能となる [2]. しかしながら, デモザイク画像が JPEG 圧縮されると, 本来の信号値も変更されるため, JPEG 圧縮画像からはモザイク観測画像を抽出することはできない.

筆者らは先に JPEG 圧縮画像の復元法を提案した [1]. この方式は JPEG 圧縮を画像劣化作用素とみなし, 1) 復元画像の Besove ノルムが最小となる, 2) 復元画像は入力 JPEG 画像と同一値に JPEG 符号化される, という 2 つの制約を満たす復元画像を求めるものである. Besove ノルムの最小化は冗長 DCT と Shrinkage 処理とで行い, 同一の JPEG 圧縮となるための制約は Alter [3] らと同様の手法を用いている. 著者らの先の JPEG 復元法は原画像が直接 JPEG 圧縮されていることを前提としており, 1. で述べたようにデモザイクされ JPEG 圧縮されたデータの場合, デモザイク画像が復元目標となってしまふ. 本来, 復元したいのはデモザイク画像ではなく原画像である. ベイヤーサブサンプリングとそのデモザイクは原画像に対して一種の画像劣化作用素が適用されたものと見なすことができる. そこで, 本稿ではベイヤーサブサンプリングとデモザイクによる劣化と JPEG 圧縮による歪とが加わった画像の復元法を

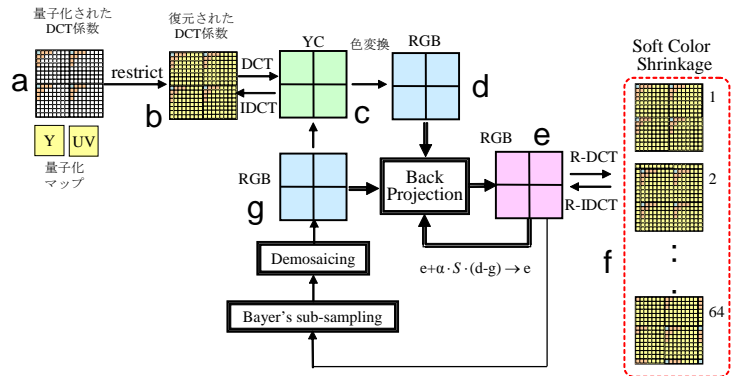


図1 提案法のブロック図

提案する.

3. 提案法の概要とアルゴリズム

提案するデモザイク法は文献 [1] で提案した JPEG 復元法の反復復元処理過程の中にデモザイク処理を加えることで構築される. 実際には, 2 番目の制約条件が 2) 復元画像をベイヤーサブサンプリングしたデモザイクした画像は入力 JPEG 画像と同一値に JPEG 符号化される, と変更される.

提案する JPEG 復元法の概念図を図 1 に示す. **a** は JPEG データ内の量子化インデックスと量子化マップを表す. **b** は **a** から得られる量子化係数である. **c** は **b** を逆 DCT 変換して得られる YC 画像, **d** は YC 画像 **c** を RGB に変換した画像である. **e** と **g** は共に RGB 画像である. **f** は **e** の冗長 DCT 変換, **f** を囲む破線は冗長色変換を用いた Soft Color-Shrinkage 処理 [4] を表す. **g** は **e** をベイヤーサブサンプリングし, 更にデモザイク処理することで生成される. 提案する復元アルゴリズムは以下のものとなる.

復元アルゴリズム

- 1) 初期化: **b** は **a** から求まる量子化係数に初期化する.
g と **e** は通常の JPEG 復元画像を初期値と設定する. 反復回数 $t = 0$ とする. 反復停止回数 T を定める. 更新パラメータ α を定める. Color-Shrinkage パラメータ Th_+, Th_- を定める.
- 2) **b** を IDCT し **c** を求める. **c** を RGB 変換し **d** とする.
- 3) 式 (1) の Back Projection 法により **e** を更新する.

$$e^{(t+1)} = e^{(t)} + \alpha \cdot S \cdot (d^{(t)} - g^{(t)}) \quad (1)$$

$$S = \begin{cases} 1 & ; \text{ベイヤー観測画素} \\ 0 & ; \text{その他の画素} \end{cases}$$
- 4) **e** を冗長 DCT 変換し **f** を求め, 交流変換係数に Soft Color-Shrinkage を適用し, 冗長 IDCT して **e** を更新する.
- 5) $t = T$ ならば **e** を復元画像として出力し, 処理を停止する. $t < T$ ならば 6) へ進む.

[†] 神奈川大学 Kanagawa University

- 6) e をバイヤーサブサンプルしてモザイク画像を求め、モザイク画像にデモザイク処理を施し g を更新する。
- 7) g を YC に変換し c を更新する。
- 8) c を DCT し b を求め、 b の各係数が a により定まる量子化ステップ内となるように b の各係数値を更新する。
- 9) $t \leftarrow t+1$ として 2) へ戻る。

アルゴリズム終了

アルゴリズム中、3) のバックプロジェクション法はバイヤー方式で観測される位置の画素値のみを更新するものとしている。8) の更新は文献[3]の手法と同一である。

3. シミュレーション

Kodak のカラー画像を用いて提案法の性能評価を行った。Kodak カラー画像をバイヤーサブサンプルしてモザイク撮像画像 (RAW 画像) とした。デモザイク法には ACPI 法 [5] を用いた。JPEG 圧縮は YC とともに標準量子化マップを 0.05 倍したものを用いた。提案法の各種パラメータは表 1 とした。

表 1 パラメータ設定値

Kodim	Th_+	Th_-	α	T
#1	0.73	1.03	1	20
#5	0.76	0.77	1	20
#13	1	1.61	1	20
#19	0.83	1.19	1	20
#24	0.88	1.15	1	20

図 2 には ACPI でデモザイクされ JPEG 圧縮された画像を提案法により復元した際の PSNR を示した。比較のため、ACPI でデモザイクした画像 (ACPI) と、その JPEG 圧縮画像 (ACPI+JPEG) の PSNR も示した。提案法の PSNR は ACPI および ACPI+JPEG よりも PSNR が改善されている。

図 3 に画像の比較を示す。(b)や(c)に比べ提案法(d)では偽色の発生が抑圧されていることがわかる。

以上の結果よりデモザイキングによる劣化をも考慮した JPEG 復元法の有効性が示された。

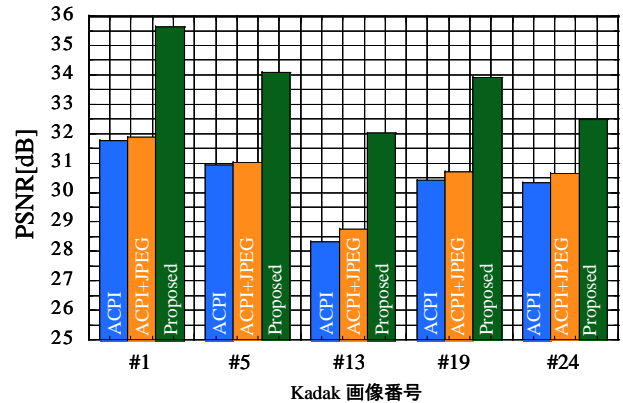


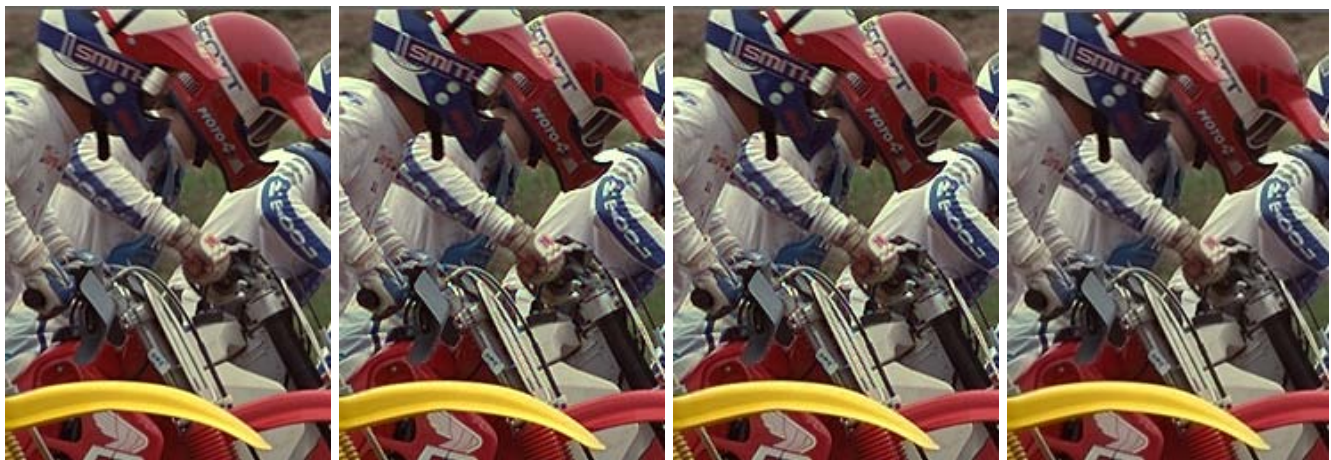
図 2 各種処理法の PSNR

4. むすび

バイヤー方式で撮像され、デモザイクされた後に JPEG 圧縮されたデータを想定し、デモザイクによる劣化と JPEG 圧縮による歪を補正するアルゴリズムを提案し、その有効性をシミュレーションにより確認した。

参考文献

- [1] T. Komatsu, Y. Ueda, T. Saito, Super-Resolution Decoding of JPEG-Compressed Image Data with the Shrinkage in the Redundant DCT Domain, PCS2010, P1-24, pp. 114 – 117, Dec. 2010.
- [2] J.S.J. Li, S. Randhawa, Reduction of Colour Artifacts Using Inverse Demosaicking, Digital Image Computing: Techniques and Applications (DICTA), 2010 International Conference on, pp. 105-110, Dec. 2011.
- [3] F. Alter, S. Durand and J. Froment, "Adapted total variation for artifact free decompression of JPEG images," Journal of Mathematical Imaging and Vision, vol. 23, no. 2, pp. 199-211, Sept. 2005.
- [4] 小松, 上田, 齊藤 「冗長色変換を用いた Color Shrinkage 法」, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J93-D, No. 9, pp. 1693-1696, 2010 年 9 月.
- [5] J. F. Hamilton and J. E. Adams, "Adaptive Color Plane Interpolation in Single Sensor Color Electronic Camera," U.S. Patent 5 629 734, 1997..



(a) 原画像 (b) ACPI 30.92dB (c) ACPI+JPEG 31.01dB (d) 提案法 34.05dB

図 3 各種処理法の画質比較